Die Wirkung von Licht und Dunkelheit auf die Mineralisation der Nagezähne von Kaninchen und Meerschweinchen.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der zahnärztlichen Doktorwürde

der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität

zu Bonn

Vorgelegt am 9. November 1936

von

Rudolf Ustar,

Zahnarzt

aus Duisburg-Hamborn.

1936

Herm. Prinz, Bückeburg.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität Bonn.

Referent: Prof. Dr. Proell.

Die Wirkung von Licht und Dunkelheit auf die Mineralisation der Nagezähne von Kaninchen und Meerschweinchen.

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der zahnärztlichen Doktorwürde
der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität
zu Bonn

Vorgelegt am 9. November 1936
von
R u d o l f U s t a r ,
Zahnarzt
aus Duisburg-Hamborn.

1936

Herm. Prinz, Bückeburg.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität Bonn.

Referent: Prof. Dr. Proell.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

MEINEN ELTERN IN DANKBARKEIT!

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546416_0112

I. Allgemeine Bedeutung der Lichtstrahlen.

Das Leben der meisten tierischen und pflanzlichen Zellen ist abhängig von den von der Sonne ausgehenden Strahlen. Es ist bekannt, wie rasch viele Tiere und Pflanzen verkümmern, wenn ihnen der wohltuende Einfluß der Sonne fehlt.

Schon früh erkannte die Menschheit die Heilkraft der Sonne und nützte sie aus. Die älteste Lichtbehandlung wurde in den Sonnentempeln der Assyrer und Ägypter gepflegt. Von den Kräften, die dem Lichte innewohnen, hatten sie nur eine allgemeine Vorstellung. Erst die Spektralanalyse enträtselte z.T. die Geheimnisse der Sonne.

Wenn wir das Wesen und den Heilwert der Lichtstrahlen, und, was uns in der Hauptsache interessiert, die Bedeutung der UV-Strahlen erkennen wollen, so ist es notwendig, uns Rechenschaft zu geben über das physikalische Verhalten der Lichtstrahlen und ihre Wirkung auf den Organismus.

II. Physikalisches Verhalten des Lichtes.

Was wir als Licht bezeichnen, sind periodische Schwingungen, die sich wellenförmig im Raume ausbreiten. Unseren Augen erscheint das Licht weiß. In Wirklichkeit ist es aber aus Lichtstrahlen verschiedener Farben zusammengesetzt. Die Natur zeigt uns das in dem herrlichen Farbenspiel des Regenbogens. Hierbei ist der weiße Lichtstrahl in seine einzelnen Spektralfarben: rot, orange, gelb, grün, blau, indigo und violett zerlegt.

Den Vorgang der Zerlegung des weißen Lichtes in seine einzelnen Komponenten können wir

mit Hilfe eines Spektralapparates im Laboratorium selbst hervorrufen. Lassen wir das Sonnenlicht durch einen schmalen Spalt und durch ein dahinter aufgestelltes Glasprisma fallen, so zerlegt das Prisma den Strahl in seine einzelnen Komponenten, die Spektralfarben. Diese verschiedenfarbigen Lichtstrahlen unterscheiden sich durch ihre Wellenlänge. Die Grösse der Wellenlänge drücken wir in millionstel mm aus. Für millionstel mm setzen wir den Ausdruck μμ. Rot hat eine Wellenlänge von 770 μμ, violett 390 μμ.

Jenseits des roten und violetten Lichtes gibt es noch eine Menge anderer Strahlen, die für unser Auge nicht sichtbar sind. Das menschliche Auge nimmt nur Strahlen wahr, die sich zwischen einer Größenordnung von 770 μμ und 390 μμ bewegen. Was aber unser Auge nicht wahrnehmen kann, ist durch geeignete Instrumente festzustellen. Halten wir ein Thermometer an die Stelle, wo wir neben dem roten Lichte nichts mehr sehen, so steigt die Quecksilbersäule. In diesem Bereiche liegen die ultraroten Strahlen. Sie entfalten eine starke Wärmewirkung, wie der Thermometerversuch zeigt; sie sind unsichtbar, weil sie jenseits der Sichtbarkeitsgrenze von 770 μμ liegen. Bewegen wir das Thermometer durch die violetten Strahlen hindurch und gehen noch darüber hinaus, so sinkt die Quecksilbersäule. Es ist kaum noch thermische Energie in diesem Strahlenbereiche vorhanden; aber in erheblichem Maße chemische Aktivität. Eine photographische Platte wird in kaum meßbarer Zeit verändert. Die Eigenschaft, photochemische Wirkung auszulösen, d.h. Stoffe zu zersetzen und aus vorhandenen neue Stoffe aufzubauen, besitzen vor allem die Strahlen, die jenseits des Violetten sich anschließen. Wir bezeichnen sie als ultraviolette Strahlen. Sie sind unsichtbar, ihre Wellenlänge ist kleiner als 390 μμ, ihre Wirkung eine chemische.

Eine weitverzweigte Wissenschaft und Technik ist um das Wunder der UV-Strahlen entstanden. Die chemische Wirkung der ultravioletten Strahlen erklären auch die Heilerfolge bei der Bestrahlung des menschlichen Organismus.

III. Biologische Wirkung der UV-Strahlen.

Wie reagiert der tierische und menschliche Organismus auf die Einwirkung von UV-Strahlen? Setzen wir einen Menschen lange Zeit dem Sonnenlichte aus, dann zeigt seine Haut eine Braunfärbung. Dabei ist es gleichgültig, ob die Temperatur der Umgebung wie im Sommer 35-40 Grad beträgt, oder ob sich der Betreffende in einer Eis- oder Schneeregion befindet. Die Braunfärbung der Haut ist nichts anderes als die Bildung von Melaninpigment in der Basalschicht der Epidermis. Unter der direkten Einwirkung des Sonnenlichtes, und zwar hauptsächlich des ultravioletten Anteiles, werden chemische Prozesse in der Haut ausgelöst, deren Produkte die Melaninkörperchen sind. Der Heilwert des Pigmentes ist noch nicht eindeutig erwiesen. Nach Rollier spielt das Pigment die Rolle eines Schutzfilters, wobei verhindert wird, daß die UV-Strahlen durch längeres Einwirken einen schädigenden Einfluß auf die Zellen ausüben. Jesionek erblickt im lichterzeugten Pigment geradezu eine Heilsubstanz. Borchardt nimmt an, daß das Pigment weniger vor UV-Strahlen als vor Wärmestrahlen schützt.

Neben dieser direkten Einwirkung auf die Haut können wir feststellen, daß die UV-Strahlen eine biologische Wirkung auch auf solche Organe ausübt, die nicht mit den UV-Strahlen in Berührung kommen. Wir lernen hier eine indirekte Wirkung von ihnen kennen. Auf dieser indirekten Wirkung beruhen die großartigen Erfolge der UV-Strahlenbehandlung der Rachitis und der Tuberkulose.

Welche physiologischen Vorgänge spielen sich

bei der indirekten Einwirkung ab?

UV-Strahlen dringen nicht mehr als einen mm in die Haut ein. (Hasselbach) Ihre Penetrationskraft ist also sehr gering. Auf diesem kurzen Wege werden sie absorbiert und in chemische Energie umgewandelt. Chemische Reaktionen werden ausgelöst: Reduktion, Oxydation, Synthese und Polymerisation. Die durch die UV-Strahlen in der Haut gebildeten Stoffe werden nun erstens vom Blute der infolge der Bestrahlung hyperämisch gewordenen Hautkapillaren aufgenommen und in den Blutkreislauf gebracht, wodurch sie den betreffenden Organen zugeleitet werden. Zweitens beeinflussen diese Stoffe Nervenendigungen, die reflektorisch auf die einzelnen Organe einwirken. Auf diesen vielfältigen Reaktionen beruht der biologische Einfluß der UV-Strahlen.

IV. UV-Strahlung und Zahnsystem.

Die Heilkraft der ultravioletten Strahlen ist in der Medizin und der Zahnheilkunde nach allen Richtungen hin untersucht worden. Wertvolle Ergebnisse haben diese Untersuchungen gezeitigt. Sie haben aber auch die Grenzen gezeigt, wo die UV-Bestrahlung unwirksam ist und wo sie sogar schädlich sein kann. Man hat den Einfluß der UV-Strahlen auf das Blutbild, die Blutzirkulation, den Stoffwechsel etc. untersucht. Besonders wirksam ist die Wirkung der UV-Strahlen auf den Mineralstoffwechsel. Der Ca- und Phosphorspiegel im Blute hebt sich bei Bestrahlung; ein Umstand, der bei der Lichttherapie der Rachitis eine große Rolle spielt. Durch die Arbeiten von Hess und Windaus wissen wir, daß durch Bestrahlung mit UV-Licht das Ergosterin, das sich in der Haut vorfindet, zu dem Vitamin D aktiviert wird. Auf dem Blutwege fließt das Vitamin den osteoiden Geweben zu und verleiht ihm die Fähigkeit, Kalksalze in genügendem Maße zu retinieren. Der Kalkstoffwechsel ist, wie hieraus zu er-

sehen, im wesentlichen abhängig von den UV-Strahlen. Fehlen die UV-Strahlen, so muß der Kalkstoffwechsel beeinflußt werden, und zwar insoweit als sonst nur mit UV-Strahlen aktivierte Vitamine ihn regeln.

Die Verkalkung unserer Zähne hängt mit dem Kalkstoffwechsel des übrigen Organismus auf das Engste zusammen. Wir kennen alle die Störungen, die die Rachitis am Zahnsystem hervorruft. Ändert sich der Kalkstoffwechsel im Gesamtorganismus, mit dem die Verkalkung unserer Zähne auf Gedeih und Verderb zusammenhängen, so muß sich diese Änderung auch notwendigerweise an den Zähnen auswirken.

Mir war nun die Aufgabe gestellt, die Wirkung von Lichtmangel und von UV-Strahlen auf Nagezähne von Kaninchen und Meerschweinchen zu untersuchen.

V. Untersuchung von Nagezähnen von Kaninchen und Meerschweinchen mit Hilfe des Polarisationsmikroskopes.

Ich untersuchte ca. 70 Schliffe von Nagezähnen. Da sie sich je nach dem Grade der Abkauung in dauerndem Wachstum befinden, sind sie für meinen Versuch besonders geeignet. Jede Stoffwechselstörung muß sich am Zahnsystem manifestieren, weil es stets auf den Stoffwechsel des ganzen Körpers angewiesen ist.

Welcher Art ist nun die Störung bei den Zähnen? Die anorganische Anteile setzen sich aus einer Unzahl kleinster Kristalle zusammen. Chemische Analysen (Gassmann) und mineralogische Untersuchungen (Gross, Trömel und Möller) haben das Vorhandensein von Kristallen bewiesen. Die Kristallform entspricht der des Apatits. Das ist ein Kristalltypus, der dem hexagonalen System angehört. Diese kleinsten Kristalle sind nun nicht regellos in der organischen Grundsubstanz eingelagert, sondern zeigen Gesetzmäßigkeit und genaueste Orientierung. Das ist die Erkenntnis, die Diener uns durch seine

Arbeiten vermittelt hat. Wird der Kalkstoffwechsel gestört, so schlägt die Dentinbildung falsche Bahnen ein, wie Untersuchungen von Diener an rachitischen Rattenzähnen bewiesen haben. Die submikroskopischen Apatitkriställchen, die anorganischen Bausteine der Hartsubstanzen, nehmen in stoffwechselgestörten Zähnen teilweise eine von den in Normalzähnen abweichende Lagerung ein. Sie sind desorientiert.

Mit Hilfe des Polarisationsmikroskopes verschaffen wir uns einen Einblick über die Art der Lagerung und die Gestaltung der Mineralisation.

VI. Bisherige Untersuchungen mit dem Polarisationsmikroskop.

Die ersten Untersuchungen der Zahnhartsubstanzen unter dem Polarisationsmikroskop stammen von v. Ebner. Weitere Arbeiten über polarisationsoptische Analysen des submikroskopischen Baues von Zellen und Geweben hat Schmidt, Gießen, veröffentlicht; sein Schüler Keil hat die Untersuchungen an Zähnen fortgesetzt. Proell und Diener beschrieben den Einfluß von Skorbut und Rachitis auf die Mineralisation der harten Zahnsubstanzen. Bei Normaltieren fanden sie eine gleichmäßige Orientierung der Kristalle, und zwar so, daß die kristallographische c-Achse stets senkrecht zur Zahnoberfläche verläuft. Kranke Tiere zeigen völlige Desorientierung der Mineralsalze.

VII. Die Technik des Polarisierens.

Die Grundzüge der Polarisationstechnik hat Schmidt, Gießen, eingehend behandelt. Ich verweise auf die einschlägigen Arbeiten dieses Autors.

Bei meinen Untersuchungen mit dem Polarisationsmikroskop ging ich so vor, daß ich zunächst die Schwingungsrichtung der Kristallite bestimmte. Die Kristalle vom Typus des Apatits, wie Gross festge-

stellt hat, verhalten sich optisch anisotrop, d.h. sie brechen das Licht nicht einfach wie z.B. eine Glasplatte, sondern sie zerlegen den einfallenden Strahl in zwei Komponenten. Außer der Doppelbrechung hat der Lichtstrahl noch eine zweite Veränderung erfahren. Die beiden gebrochenen Anteile sind senkrecht zueinander polarisiert, d.h. sie schwingen in Ebenen, die aufeinander senkrecht stehen. Die Schwingungsebenen finde ich mit einem Polarisationsmikroskop, wenn ich entsprechende Abschnitte des Zahns in Auslöschstellung bringe. Bei Betrachtung zwischen gekreuzten Nikols erscheinen diese Teile dunkel oder ausgelöscht. Auslöschung tritt dann ein, wenn die Schwingungsrichtungen der Apatitkriställchen denen des Polarisators und Analysators gleichgerichtet sind.

Liegt die Schwingungsrichtung fest, so ist die nächste Aufgabe, die kristallographischen c-Achsen zu bestimmen. Das geschieht mit Hilfe eines Gipsblättchens Rot I. Ordnung, das zwischen Objekt und Analysator eingeführt wird. Die vorher in Auslöschstellung befindlichen Teile des Zahnschliffes nehmen die Farbe Rot I.O. an. Das Gipsblättchen wirkt wie eine Verdickung des zu untersuchenden Objektes. Dadurch tritt eine Änderung im Gangunterschied der beiden senkrecht zueinander polarisierten Komponenten und der Interferenz ein, die sich in den betreffenden Farben jeweils ausdrückt. Ich drehe jetzt den Zahn um 45°. Ein Objekttisch mit Gradeinstellung läßt genaue Winkeleinstellung zu. Die Teile, die bisher in Auslöschstellung waren, leuchten jetzt gelb oder blau auf. Auf Grund dieser optischen Phänomene sind wir in der Lage, die Kristallorientierung in den Zähnen zu bestimmen. Die Richtung der c-Achsen der Apatitkriställchen zeichne ich dann in die Skizze meines Zahnschliffes ein.

VIII. Haltung, Bestrahlung, Ernährung und Wachstum der Versuchstiere.

Ich teilte meinen Tierversuch in 3 Gruppen ein. Gruppe I: Normaltiere,
Gruppe II: Dunkeltiere ohne UV-Bestrahl.
Gruppe III: Dunkeltiere mit UV-Bestrahl.
Benutzt wurden Meerschweinchen und Kaninchen. Die Ställe waren so aufgestellt, daß sie nicht dem unmittelbaren Einfluß der Sonne ausgesetzt standen. Der Stall bestand aus 6 Buchten, in denen je 5-6 Tiere und zwar 2-3 Kaninchen und 2-3 Meerschweinchen sich befanden. Die Gruppe I der Normaltiere war in der Bucht 1 untergebracht. Da wir 2 nach der Außenseite gelegene Holzwände vollkommen ausgeschnitten und nur mit großmaschigem Drahtgeflecht versehen hatten, war diese Bucht besonders hell und luftig. Die Gruppen II und III der Dunkeltiere verteilten sich auf die übrigen 5 Buchten, auf deren Türen zum Zwecke der Verdunkelung ein mit schwarzem Wachstuch bespannter Holzrahmen aufgespannt war. Auf diese Weise herrschte in den Buchten vollkommene Dunkelheit, gleichzeitig waren aber auch die Luftverhältnisse im Innern der Bucht denkbar schlecht. Die Tiere der Gruppe III wurden täglich zur Bestrahlung mittels einer Höhensonne „Original Hanau" der Bucht entnommen. Die Bestrahlungszeiten waren nicht bei allen Tieren gleich, sondern ich teilte die Tiere von Gruppe III in 4 Serien: a b c und d mit verschieden langer Bestrahlungszeit ein.

Serie a: erhielt täglich 30 Minuten Bestrahlung bei einer Beginnzeit von täglich 5 Min. und nach 8 Tagen 15 Min. Dauer der Bestrahlung war 3 1/2 Monate.

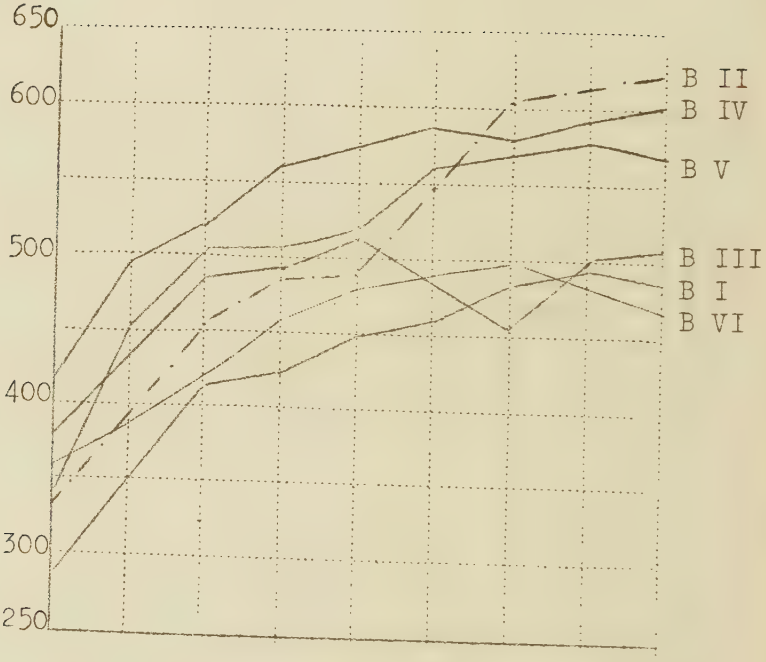
Serie b: erhielt tgl. 60 Min. Bestr. bei einer Beginnzeit von tgl. 5 Min., nach 8 Tg. 15 Min., nach weiteren 8 Tg. 80 Min. Dauer der Bestrahlung war ebenfalls 3 1/2 Monate.

Serie c: erhielt tgl. 2 Stunden Bestr. Bei einer Beginnzeit von tgl. 5 - 15 - 30 - 60 Min. Dauer der Bestrahlung war 3 1/2 Monate.
Serie d: erhielt tgl. 3 Stunden Bestr. bei einer Beginnzeit von tgl. 5 - 15 - 30 - 60 - 120 Minuten. Dauer der Bestrahlung war 3 1/2 Monate.

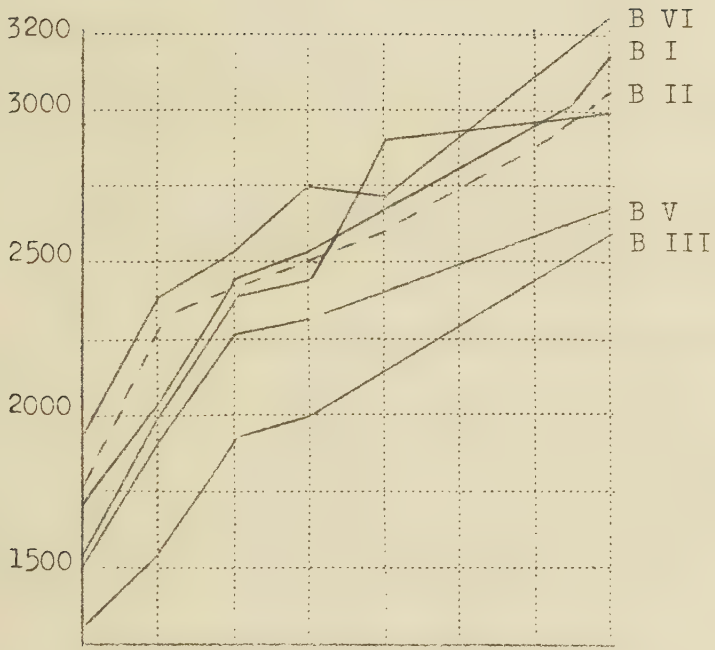
Die Ernährung der Versuchstiere war einheitlich. Sie wurden gefüttert mit Schwarzbrot, Weißbrot, Hafer und hauptsächlich Grünfutter (Kohlgemüse). Das Wachstum der Tiere stand unter steter Kontrolle. Sie wurden jede Woche gewogen. Auffallend war, daß die Dunkeltiere von Gruppe II bedeutend mehr fraßen als die Tiere der anderen Gruppen, was auch im Gewichte der Meerschweinchen zum Ausdruck kommt. Kurve 1 s. Seite 10 und Kurve 2 s. Seite 11. Nach Verlauf von 3 Monaten tötete ich aus jeder Bucht die Hälfte der Tiere, den Rest nach weiteren 14 Tagen.

IX. Das Schleifen der Zähne.

Auf die Anfertigung von Dünnschliffen ist die größte Sorgfalt zu legen, weil die Auswertung nur an guten Schliffen richtig vorgenommen werden kann. Die Dünnschliffe fertigte ich nach dem von D i e n e r ausgearbeiteten Verfahren an. Zum Aufkitten der Zähne benutzte ich das von Jonas, Göttingen, in den Handel gebrachte Kollolith. Dasselbe wird vorsichtig bis zum Flüssigwerden erwärmt und auf ein angerauhtes Objektglas gebracht. Der zu schleifende Nagezahn wird nun fest in das weiche Kollolith eingedrückt, und zwar in der Weise, daß der Zahn fest auf der Glasunterlage aufliegt. Ist das Kollolith nach ca. 12 Std. vollständig erhärtet, so kann mit dem Schleifen begonnen werden. Dies geschieht stets unter Wasser. Ich schleife den Zahn soweit auf, bis die Schliffebene in sagittaler Richtung mitten durch die Pulpa geht. Mit



Kurve 1. Gewichtskurven der Versuchstiere Meerschweinchen.



Kurve 2. Gewichtskurven der Versuchstiere Kaninchen.

einem gröberen Carborundstein beginne ich, um nach genügendem Abschleifen einen Stein feineren Grades zu benutzen. Die letzte Politur gebe ich dem Schliff auf einem Arkansasstein. Daraufhin bette ich den Zahn um und schleife die 2. Hälfte, bis der Schliff eine Dicke von ungefähr 40-50 µ hat, was mit dem Polarisationsmikroskop leicht festzustellen ist. Um den fertigen Zahnschliff einbetten zu können, wird das dem Zahn anhaftende Kollolith herausgelöst mit Xylol. Der Schliff selbst geht die übliche Alkoholreihe durch, um das Wasser restlos zu entfernen. Nach nochmaligem Liegen in Xylol kann der Schliff in Canadabalsam eingebettet werden.

X. Untersuchung der Zahnschliffe.

Gruppe I.

Tiere bei Tageslicht gehalten.

Schon äußerlich betrachtet zeigten die Tiere ein sehr gutes Aussehen, sie waren groß und kräftig entwickelt. Die Kaninchen trugen ein glänzendes, straffes und samtenes Fell. Besonders auffallend war ihr scheues Wesen.

Bei Betrachtung der Zahnschliffe ergeben sich folgende Feststellungen. Abb. 1 ist die schematische Darstellung eines Schliffes, der von einem Nagezahn eines bei Tageslicht gehaltenen Kaninchens stammt. Die Schliffebene ist sagittal gelegt und geht mitten durch das Pulpenkavum. Die Striche im Dentin geben die Richtung der kristallographischen c-Achsen an.

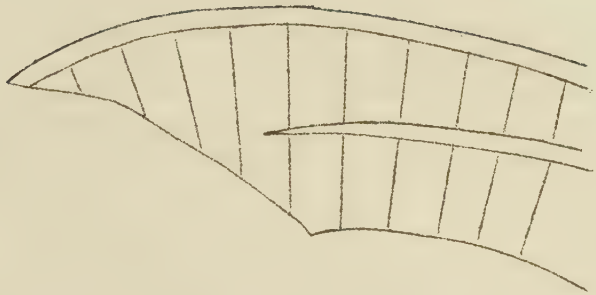


Abb. 1. Schematische Aufzeichnung des unteren Nagezahnes eines Kaninchens. Die Striche im Zahn stellen die Richtungen der c-Achsen der Apatitkriställchen dar.

Die Kristallorientierung ist eine sehr einheitliche, sie verläuft stets mehr oder weniger senkrecht zur Zahnoberfläche. Die oberen Nagezähne der Kaninchen zeigten dieselbe einheitliche Mineralisation.
Abb. 2 stellt den Nagezahn von einem Meerschweinchen dar.

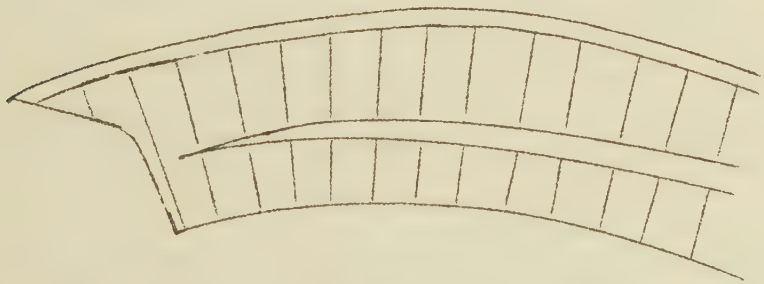


Abb. 2. Schematische Aufzeichnung des unteren Nagezahnes eines Meerschweinchens. Die Striche im Zahne stellen die Richtungen der c-Achsen der Apatitkriställchen dar.

Ähnlich wie bei Abb. 1 sehen wir auch hier eine gleichmäßige und zur Oberfläche des Zahnes senkrechtstehende Kristallorientierung.

Diese Abbildungen sind charakteristisch für die Gruppe der bei Tageslicht gehaltenen Tiere sowohl bei Kaninchen wie bei Meerschweinchen.

Gruppe II.

Dunkeltiere ohne Bestrahlung.

Diese Gruppe, bestehend aus 2 Kaninchen und 3 Meerschweinchen lebten in einem dunklen und warmen Stall. Nach einigen Wochen konnte ich an den Tieren folgende Veränderung wahrnehmen. Das Haar wurde struppig, die Haarfarbe fahl, nicht so schön glänzend und samtartig wie bei den Normaltieren, die Bewegungen träge. Beim Öffnen des Stalles zeigten die Tiere keine Anzeichen von Furcht und Angst. Die Tiere fraßen sehr viel mehr als die Normaltiere.

Abb. 3 zeigt den Schliff eines Kaninchennagezahnes dieser Gruppe.

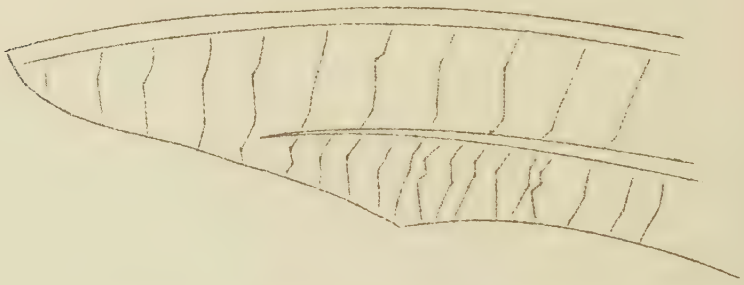


Abb. 3. Richtung der c-Achsen im unteren Nagezahn eines Kaninchens. Dunkeltier. Die c-Achsen sind desorientiert.

Schon auf den ersten Blick ist hier eine Störung in der Lagerung der Kristallachsen festzustellen. Der Zahn läßt die gleichmäßige Orientierung senkrecht

zur Oberfläche vermissen, was in dem Durcheinander der Strichelung zu ersehen ist. Vergl. Abb. 1, 2 und 3!

Während ein Nagezahn eines Normaltieres bei Betrachtung mit Gips rot I.O. im Polarisationsmikroskop „ein Bild gleichmäßiger Tönnung der Interferenzfarbe, das auf der regelmäßigen Anordnung der anorganischen Kristallite in die organische Grundsubstanz resultiert", ergibt, wie schon Diener beschrieben hat, zeigt dieser Zahn Zonen verschiedener Interferenzfarben. Die Desorientierung der kristallographischen c-Achsen liegt in der Hauptsache im unteren Bogen, während der obere nur kleinere Achsenverschiebung zeigt.

Ähnliche Fehler in der Mineralisation ergeben die Untersuchungen der Nagezähne der anderen Kaninchen und Meerschweinchen. Siehe Abb. 4

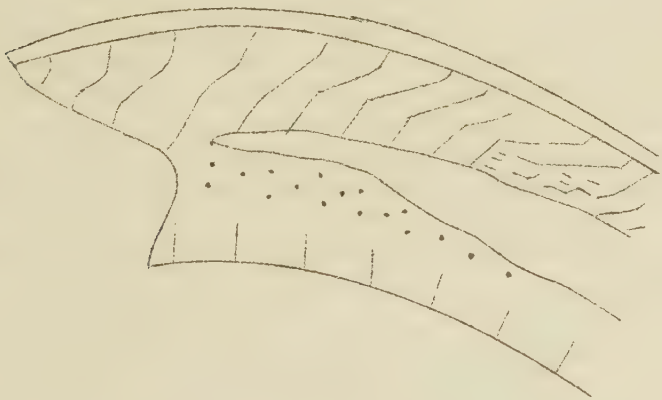


Abb. 4. Kristallorientierung eines Nagezahnes eines Meerschweinchens. Dunkeltier B II Störung im oberen Bogen.

Der Zahn ist vorwiegend im oberen Bogen gestört, und zwar im unteren Teile mehr als in der oberen Hälfte. An der Außenfläche verlaufen die kristallographischen c-Achsen noch mehr oder weniger

senkrecht zur Zahnoberfläche, biegen dann aber scharf zur Spitze hinab, um schließlich nochmal in entgegengesetzter Richtung abzuknicken. Im hinteren Teile des konvexen Bogens nimmt die Achsenrichtung an manchen Stellen nahezu eine horizontale Lage ein.

Gruppe III.
Dunkeltiere mit Bestrahlung.

Ich begann die tägliche Bestrahlung bei sämtlichen Tieren mit einer Bestrahlungszeit von 5 Minuten und steigerte diese in regelmäßigen Abständen bis zur endgültigen Bestrahlungsdosis bei

Serie a von 30 Min.)
" b " 60 ")
" c " 120 ") pro die.
" d " 180 ")

Serie a:

Zu Beginn der Bestrahlung zeigten 2 Tiere, ein Kaninchen und ein Meerschweinchen Konjunktivitis mit Tränenfluß, die aber trotz Fortsetzung der Bestrahlung nach einigen Tagen wieder behoben war. Die Tiere zeigten ein lebhafteres Wesen als die Dunkeltiere ohne Bestrahlung, waren aber nicht so munter wie die Normaltiere. Das Fell wurde auch fahl und struppig und wenig straff.

Die Zahnschliffe ergaben folgende Befunde:
Abb. 5.

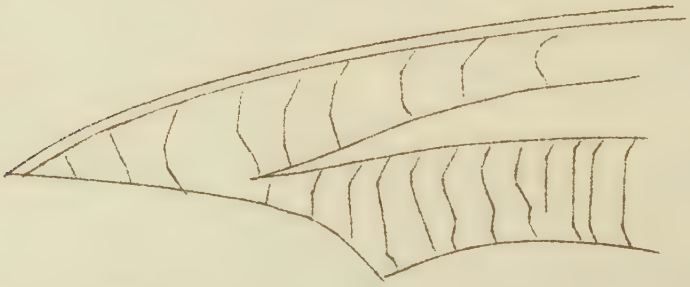


Abb. 5. Kristallorientierung eines unteren Nagezahnes eines Kaninchens. Dunkeltier Serie a.

Eine einheitliche gesetzmäßige Orientierung ist nicht vorhanden. Die Spitze zeigt normale Mineralisation, weiter basalwärts ändert sich die Richtung der c-Achsen. Schon an der Außenfläche stehen diese nicht mehr exakt senkrecht zur Zahnoberfläche, sondern unter einem bestimmten Winkel geneigt. Zur Pulpa hin ändert sich die Achsenrichtung noch 2 mal, was durch die Knickung der Striche zum Ausdruck gebracht wird. Der konkave Bogen ist noch mehr gestört. 4-5 fache Richtungsänderung kommen nicht selten vor.

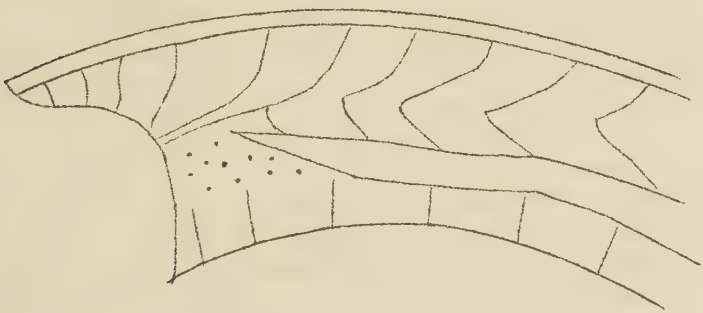


Abb. 6. Schliff eines oberen Nagezahnes. Meerschweinchen. Starke Störung im oberen Bogen.

Dieser Zahnschliff zeigt Störungen, die noch ausgeprägter sind als die des Schliffes von Abb. 5. Die Achsenverschiebung nimmt hier einen Winkel von 90 Gr. ein. Die c-Achsen laufen zunächst von der Außenfläche des oberen Bogens in einem Winkel zur Schneide des Zahnes hin, in der Mitte biegen sie plötzlich ab und nehmen eine Richtung zur Basis ein. Diese Achsenrichtung manifestiert sich in der Weise, daß die obere Hälfte des konvexen Bogens bei Betrachtung im Pol.Mikr. mit Gips RIO gelb aufleuchtet und die untere Hälfte Additionsfarbe annimmt.

Störungen, wie Abb. 5 und 6. zeigen, finden

wir mehr oder weniger in allen Nagezähnen der Tiere von der Serie a. Die Untersuchung der Zahnschliffe der Tiere aus den Serien b,c und d führte zu dem Resultat, daß die Zähne dieser Tierserien sich nicht wesentlich von der Verkalkung der Nagezähne der Tiere aus Serie a unterscheiden, abgesehen von einigen kleinen Unterschieden, die aber kein Charakteristikum für längere Bestrahlungszeit darstellen dürften.
Siehe Abb. 7 - 10.
Bei vielen Schliffen waren die c-Achsen nicht allein in der Ebene senkrecht zur Mikroskopachse verschoben, sondern sie lagen in größerem oder kleinerem Maße parallel zur Mikroskopachse orientiert. Den Grad der Abweichung in dieser Richtung habe ich nicht gemessen.

Die Ergebnisse dieser Befunde kurz zusammenfassend, läßt sich folgendes sagen:

Störungen in der Mineralisation der Zähne zeigten die Dunkeltiere sowohl mit wie auch ohne UV-Bestrahlung in mehr oder weniger starkem Maße. Die UV-Strahlen haben nicht vermocht, die Dentinbildung bei Meerschweinchen und Kaninchen in geordnete Bahnen zu lenken.

Die Ergebnisse unserer Tierversuche entsprechen nicht den gehegten Erwartungen, lassen aber wichtige Schlußfolgerungen zu. Daß Störungen in der Mineralisation der Dunkeltiere eintreten mußten, war vorauszusehen. Jedoch hofften wir durch Verabreichung verschieden großer Dosen von UV-Strahlen therapeutisch auf den Kalkstoffwechsel der Tiere einwirken zu können. Auf Grund der klinischen und experimentellen Beobachtungen, die man gerade in den letzten Jahren mit UV-Strahlen in der Lichttherapie gemacht hatte, waren wir dazu berechtigt. Besonders auf dem Gebiete der Rachitistherapie ist die Abhängigkeit des Kalkstoffwechsels von derUV-Strahlung erwiesen. Wie die Ergebnisse vorliegender Arbeit zeigen, konnten wir in keinem

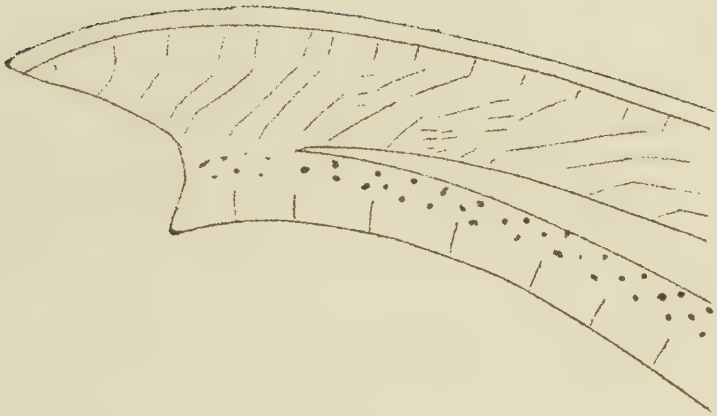


Abb. 7. Schliff eines Nagezahnes von einem Meerschweinchen. Dunkeltier. Serie b.

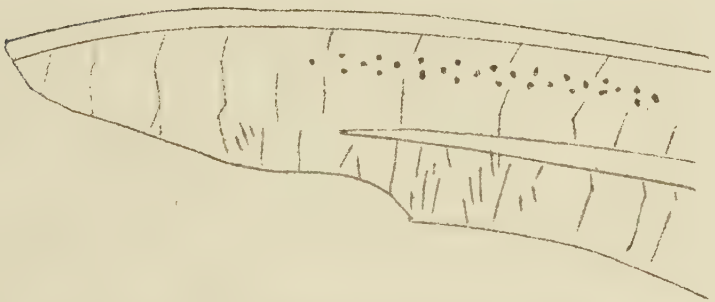


Abb. 8. Schliff eines Nagezahnes von einem Meerschweinchen. Dunkeltier. Serie c.

Abb. 9. Schliff eines Nagezahnes von einem Meerschweinchen. Dunkeltier. Serie c.

Abb. 10. Schliff eines Nagezahnes von einem Kaninchen. Dunkeltier. Serie c.

Falle durch UV-Lichtbehandlung auf den Kalkstoffwechsel und dadurch auf die Mineralisation der Nagezähne bei Kaninchen und Meerschweinchen regulierend einwirken. Denn eine Wirkung der UV-Strahlen in dieser Richtung hätte sich bei den polarisationsoptischen Untersuchungen der Nagezähne unserer Versuchs-Dunkeltiere bemerkbar machen müssen. Auch der Serumkalkspiegel ergab nahezu gleiche Werte für Meerschweinchen und gleiche Werte für Kaninchen.

Nun wissen wir, daß behaarte Tiere sich vielen klimatologischen Einflüssen gegenüber anders verhalten als der Mensch. (Borchardt) Unsere Versuche bestätigen aufs Neue, daß bei Pelztieren wie Kaninchen und Meerschweinchen, die ja auch in der Natur sowohl über wie auch unter Tage leben, die UV-Strahlung als solche nicht als Hauptfaktor für die Regulierung des Mineralstoffwechsels angesehen werden kann. Wenn wir bedenken, daß unsere Dunkeltiere fast das Doppelte an Grünfutter im Vergleich zu den bei Tageslicht gehaltenen Tieren fraßen, so zeigen unsere Versuche, daß Tiere, die infolge ihrer Lebensweise und ihres Haarkleides nicht als geeignete Empfänger und Nutznießer von UV-Strahlen angesprochen werden können, ihren Vorrat an mineralstoffwechselregulierenden Vitaminen durch Nahrungsaussuche zu decken imstande sind.

Es erübrigt sich die Bemerkung, daß Tierexperimente nicht ohne Weiteres auf den Menschen übertragbar sind.

Zusammenfassung.

1) Gruppe I zeigt normale Kristallorientierung.
2) Gruppe II weist Störungen auf in der Kristallorientierung.
3) Gruppe III unterscheidet sich in keiner Weise von Gruppe II in der Mineralisation.
4) Eine Einwirkung von UV-Strahlen auf den Mineralstoffwechsel bei Pelztieren wie Kaninchen und Meerschweinchen war nicht festzustellen.

Zum Schlusse meiner Arbeit möchte ich nicht versäumen, Herrn Prof.Dr. Proell für die freundliche Überlassung dieses Themas, sowie Herrn Dr. Diener für die jederzeitige, hilfreiche Unterstützung bei meiner Arbeit meinen geziemenden Dank auszusprechen.

Literatur-Verzeichnis.

Borchardt: Einfluß des Klimas auf den Menschen. Medizin. Klimatologie 1930.

Degkwitz: Aus der Wachstumspatologie. Festschrift, Greifswald 1926.

Diener: Einfluß von Skorbut und Rachitis auf die Mineralisation der harten Zahnsubstanzen. D.Z.W. 1934, Nr. 32.

v. Ebner: Untersuchungen über den feineren Bau der Knochensubstanz. Sitz.Ber.d. Wiener Adad.math. natw. Kl. Abt. 3, Bd. LXXII. Untersuchungen über das Verhalten des Knochengewebes im polarisierten Licht. Sitz.Ber.ksl.akad.Wiss. 70, (1875).

Gassmann: Chemische Untersuchungen von rachitischen und gesunden Knochen. Ztschr.f. physiol.Chem.Bd.178, 62 (1928). D.M.f. Z. 1921.

Gross: Die kristalline Struktur von Dentin und Zahnschmelz. Festschrift Greifswald 1926.

Keil: Über Doppelbrechung und Feinbau des menschl. Zahnes. Ztschr.f.Zellforsch. und mikrosk. Anatomie 1933.

Liesegang: Zur Kalkchemie des Zahnes. D.Z.W. H.9.

Kieffer: Die biologische und klinische Bedeutung der Heliotherapie in der Zahnheilkunde. Schweitzer Mon.Schr.f.Zahnheilk. 1925.

Möller u.
Trömel: Röntgenografische Untersuchung über den Aufbau der anorgan. Zahnsubstanz.Naturwiss. 21, H.19 (1933)

Orban: Der histologische Bau des Kaninchengebisses. Viertelj.f.Zahnh. 1925.

Proell: Studien über die harten Zahnsubstanzen. Festschr. Griefswald 1926.
Klima und Zivilisation in ihrer Auswirkung auf Körper und Zähne.

Proell u.
Diener: Über den Feinbau gesunder und kranker Zähne. Zeitschr.f.Zellforsch.u.mikrosk. Anatomie Bd. 19, 1933.
Neuere Untersuchungen über die Zahnhartsubstanzen. D.Z.W. 50, 1935.
Schmidt: Polarisationsoptische Analyse des submikroskopischen Baues von Zellen und Geweben. Handbuch d. biol. Arbeitsmeth. Abt. 5, H. 3.
Warburg: Experimentalphysik. Theod. Steinkopff 1920, Dresden und Leipzig.

L e b e n s l a u f .

Ich, Rudolf Usar, wurde am 1.8.1911 in S i e p e n (Westfalen) geboren. Ich besuchte in Hamborn die Volks- und anschließend die Oberrealschule, wo ich Ostern 1932 meine Reifeprüfung ablegte. Zahnheilkunde studierte ich an den Universitäten Köln und Bonn, wo ich am 8. August 1934 meine zahnärztliche Vorprüfung bestand. Meine Approbation als Zahnarzt erhielt ich am 25. Mai 1935 mit dem Prädikat „sehr gut".